This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

2 45 0376 4169
LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD

MÉMOIRE

SUR LA

GENÈSE DES EAUX MINÉRALES

ET DES ÉMANATIONS SALINES

DES GROUPES NORD DU CAUCASE;

PAR M. JULES FRANÇOIS,

Inspecteur général des Mines.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, DU BUREAU DES LONGITUDES,

SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,

Quai des Augustins, 55.

1875

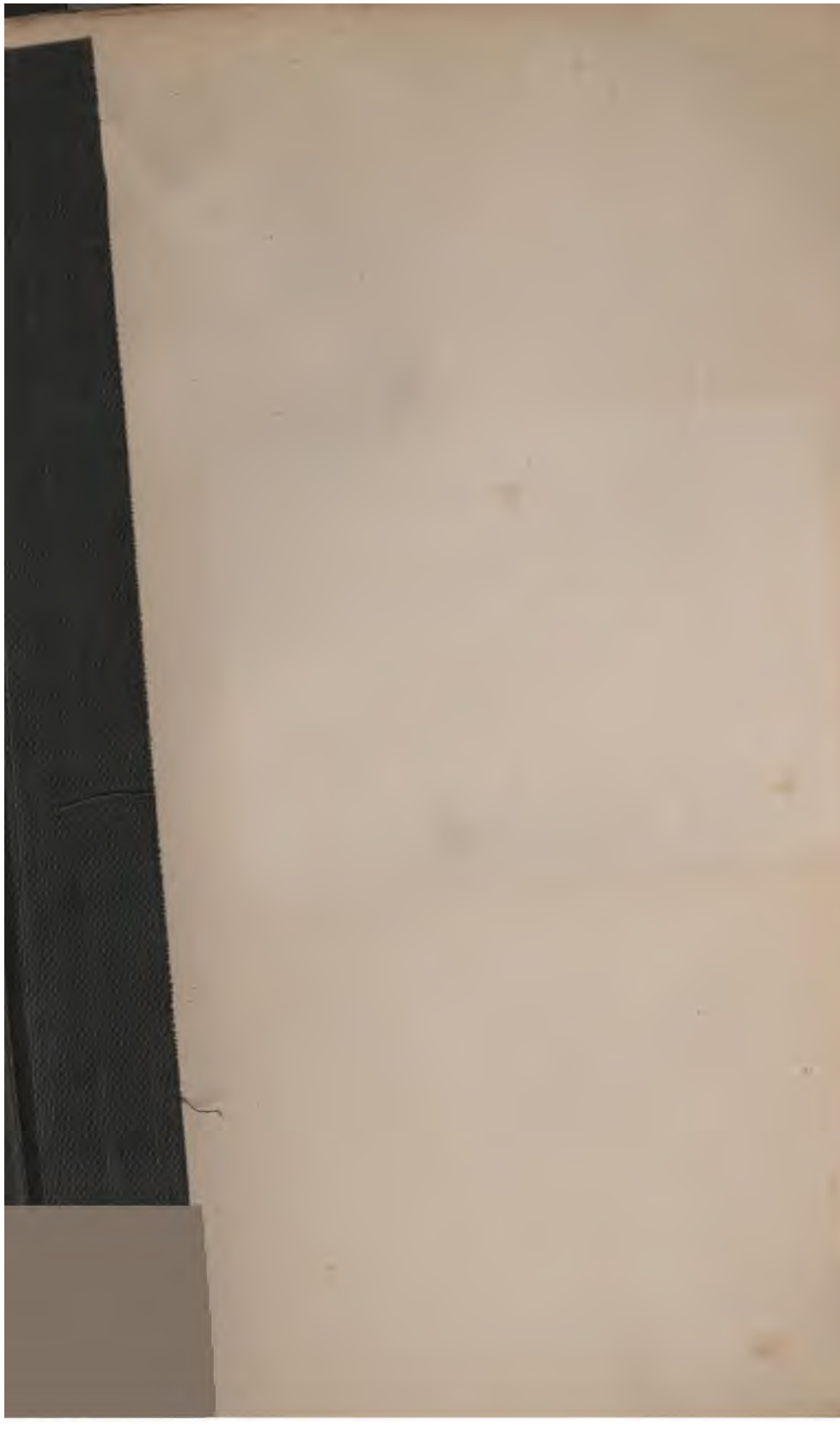
RA
878
C3F8
1875
HIST

LANE

MEDICAL LIBRARY

Seidel Collection

HISTORY OF MEDICINE AND NATURAL SCIENCES



MÉMOIRE

SUR LA

GENÈSE DES EAUX MINÉRALES

ET DES ÉMANATIONS SALINES

DES GROUPES NORD DU CAUCASE;

PAR M. JULES FRANÇOIS,

Inspecteur général des Mines.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, DU BUREAU DES LONGITUDES.

SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,

Quai des Augustins, 55.

1875

LAVAL LIBRARY

62012

MÉMOIRE

SUR LA

GENÈSE DES EAUX MINÉRALES

ET DES ÉMANATIONS SALINES

DES GROUPES NORD DU CAUCASE;

PAR M. JULES FRANÇOIS,
Inspecteur général des mines.

Exposé topographique et hydrologique des groupes.

Dans le Caucase septentrional, sur la rive gauche du Podkumok, à 85 verstes (1) au N.-N.-E. du massif trachytique d'Elbrouz (altitude 5997 mètres), près des limites communes des gouvernements de Stavropol, du Kouban et du Terek et de la ligne de partage de ces deux cours d'eau, dont le premier gagne la mer Noire par Ékathérinodar et le second se déverse dans la Caspienne au nord de Pétrowsk, on trouve la station thermale, ou groupe de Piatigorsk (2).

C'est le principal des quatre groupes hydrominéraux du nord du Caucase, avec ses sources thermales alcalines sulfureuses acidules, émergeant des versants éocènes et crétacés S.-O. de la montagne de la Machouka, à laquelle est adossée la partie haute de la ville de Piatigorsk.

A 17 verstes à l'ouest, en remontant la steppe de la

(1) La verste mesure ~~1067~~ 1052 mètres.

(2) *Voir* la Planche ci-jointe.

rive gauche du Podkumok, on rencontre le groupe d'Essentouki, avec ses sources bicarbonatées alcalines froides, sulfatées et chlorobromées, parmi lesquelles se trouve la source renommée du n° 17. Elles émergent au pied de la colline dite *Alcaline* (éocène supérieur, recouvert par un conglomérat plus récent, que l'on regarde comme quaternaire).

Toujours en remontant le Podkumok, sur 18 à 20 verstes de distance, après avoir recoupé les gradins de la craie supérieure et inférieure et atteint le gault, on trouve, au confluent des beaux vallons de l'Alkovka et de la Berésovka, le groupe de Kisslowodsk (eau aigre), avec son unique et magnifique griffon, le Narzan (bicarbonatée ferrugineuse alcaline.)

Enfin, à 20 verstes au nord-ouest de Piatigorsk, le groupe de Geleznovodsk (fer-eau), station thermale sous bois, avec ses eaux bicarbonatées ferrugineuses alcalines, rangées en deux sous-groupes sur les basses pentes éocènes du piton trachytique de la montagne de Fer (Geleznaiagora).

Le groupe de Kisslowodsk est engagé entre les premiers gradins secondaires (craie, gault, néocomien) qui, au nord d'Elbrouz, bordent et longent la grande chaîne. Les trois autres groupes sont enveloppés par la grande steppe éocène, heureusement accidentée par quatorze montagnes, ou pitons, véritables îles (*dyks*) dont deux, la Machouka et la Jutza, sont à pentes éocènes et crétacées, avec sommet crétacé, et dont les douze autres, la Djoutza, le Bechtaou, la Galeuse, la montagne de Miel, le Koum-gora, la Geleznaia-gora, le Lion, le Taureau, le Chameau, les Serpents, la Chauve et la Pointue, ont leur sommet et pentes supérieures en trachyte porphyroïde quartzifère, d'un âge relativement récent et les pentes inférieures secondaires et tertiaires.

De ces montagnes, quatre fournissent des eaux minérales, savoir :

(*a*) La Machouka de Piatigorsk (éocène et craie supérieure), hydrosulfurées alcalino-calcaires avec acide carbonique libre.

(*b*) La montagne de Fer de Geleznowdsk (trachyte et éocène), bicarbonatées ferrugineuses alcalino-calcaires.

(*c*) Le Taureau (trachyte, craie supérieure), sulfureuse sodique de Kalmoukiewski.

(*d*) La Koum-gora (trachyte, craie, éocène), sulfureuse sodique de Kumagorsk.

En outre, la Jutza (éocène et craie supérieure), isolée dans la steppe du sud, fournit une source abondante, légèrement incrustante, assez peu minéralisée. Son débit, qui est hors de proportion avec la faible étendue des versants de ce véritable dyk et sa qualité chloro-alcalino-magnésienne m'engagent à la considérer comme une eau souterraine, filonienne, de la genèse de laquelle je parlerai plus loin.

Si l'on jette les yeux sur les études géologiques du Caucase, en s'aidant de grandes cartes topographiques, on remarque l'expansion trachytique latérale, transversale et extérieure à la chaîne qui, du pied nord d'Elbrouz, s'avance sous les gradins jurassiques, dans la direction N.-N.-E., passe sous les dyks trachytiques de la Djutza et du Bechtaou, côtoie celui du Taureau et vient toucher à la Pointue (Koum-gora).

La partie de ce grand alignement, qui est comprise entre Elbrouz et le Bechtaou, a été étudiée par M. Abich et représentée dans une publication écrite en langue russe dont je n'ai pu prendre connaissance.

La question de la genèse hydrominérale m'étant bien plus spéciale que l'aspect géologique proprement dit, c'est à ce premier et seul point de vue que je vais examiner cet alignement, qui rappelle sensiblement la direction moyenne N.-N.-E.

Expansion trachytique latérale de la grande chaîne du Caucase.

L'axe d'expansion latérale trachytique, axe de grande fracture, a commandé tout à la fois le relief général de la contrée, ainsi que le partage, entre les deux mers, des eaux de la grande steppe sous-caucasique. En outre, il y a déterminé la répartition des grands affleurements trachytiques qui, du pied des gradins de Bermamouth jusqu'à Koum-gora, sur une étendue rectiligne de plus de 85 verstes, se sont fait jour par les douze sommets de trachyte porphyroïde quartzifère énumérés ci-dessus.

Vers le milieu du trajet parcouru par cette longue coulée souterraine, on remarque le dyk trachytique de la Djutza, qui a dû fonctionner comme un premier évent et aider ainsi l'expansion latérale à cheminer dans la direction N.-N.-E., pour ensuite donner naissance aux calottes calcaires de la Jutza et de la Machouka, ainsi qu'aux onze affleurements trachytiques qui, de la Chauve à l'est, par Koum-gora au nord, par le Chameau et la Galeuse à l'ouest, contournent le massif central de Bechtaou.

Formation des dyks trachytiques et crétacés de la steppe sous-caucasique.

Ce massif, la principale éjection trachytique de l'ensemble des dyks, puis le Lion et le Taureau, ne peuvent-ils pas être envisagés comme d'autres évents échelonnés suivant l'axe central N.-N.-E. jusqu'à l'évent terminal de Koum-gora, tous ayant aidé au cheminement nord de la grande coulée sous-jacente qui a finalement abouti aux affleurements latéraux de la Galeuse, de la Chauve et du Chameau?

On se trouve ainsi conduit en présence de la roche

Émissaire (trachyte) des groupes hydrothermaux de Piatigorsk, de Geleznowodsk et des sources de Koum-gora et du Taureau. Par sa pénétration et par son cheminement souterrain vers le nord, dans la direction N.-N.-E., puis par les conséquences physiques du retrait dû au refroidissement, la roche Émissaire a créé, dans cette direction, au mouvement des eaux souterraines, de grandes lignes de drainage, à la fois collectrices et directrices, ainsi que des voies secondaires en rapport avec les anciens évents de la coulée souterraine. C'est par ces lignes et voies que se fait jour l'eau filonienne de la Jutza, qui a percé le versant sud du dyk, précisément dans l'alignement N.-N.-E.

Émanations hydrominérales et salines.

Plus tard est venue la période d'activité des émanations aqueuses et salines, qui a dû se manifester postérieurement à l'éruption trachytique de la steppe, comprise entre les cours d'eau du Podkumok et de la Kuma et déterminer la genèse des eaux minérales des groupes.

Cet ensemble de faits successifs constitue, sans aucun doute, l'un des plus grands et des plus complets spécimens de la genèse hydrominérale. On y voit la roche Émissaire, ouvrant, sur des proportions très-étendues, des voies souterraines aux émanations aqueuses et salines, qui l'ont elle-même profondément pénétrée et imprégnée, surtout dans celles de ses parties qui se trouvent sur le grand alignement N.-N.-E. C'est ce que témoignent d'ailleurs l'altération et l'égrainement des affleurements trachytiques des pentes N. et N.-E. du Bechtaou et de la montagne de Miel : l'imprégnation saline est, en effet, bien moins accusée sur les massifs latéraux, distants de l'axe aquifère.

J'ai dit plus haut que la grande source de la Jutza ne pouvait résulter des infiltrations directes des versants trop peu étendus de ce dyk secondaire et que l'eau en était bien

plutôt de provenance filonienne, de profondeur limitée, ainsi que l'indique sa température (9 degrés C.).

Un autre fait qui corrobore également l'idée d'existence de drains souterrains, d'alignement N.-N.-E., c'est la structure générale pseudo-filonienne des affleurements trachytiques, qui s'observe notamment au Bechtaou, à la montagne de Miel, au mont Gelez (montagne de Fer), suivant N. 25° à 27°,5 et jusqu'à 29 degrés E., et au Poignard, au Taureau, au Lion, suivant N. 37 à 45 degrés E.

Émanations hydrominérales.

La période des émanations aqueuses et salines qui se maintient encore aujourd'hui, bien que fort affaiblie dans sa virtualité primitive, a eu ses perturbations et a dû passer par des phases diverses, ainsi que cela résulte de la coexistence actuelle, dans les groupes et à leur voisinage, de différentes variétés d'émanations hydro-thermominérales, savoir :

(*a*) Sulfureuses sodiques de Koum-gora et du Taureau;

(*b*) Hydrosulfurées acidules alcalines de la Machouka;

(*c*) Bicarbonatées ferrugineuses alcalines de Geleznaïa-gora.

Cette partie de la genèse des eaux des groupes me paraît rendre utiles des explications préalables. Dans la période de 1848 à 1859, en exécutant la recherche en roche (granite, pegmatite, micaschiste, etc.) des sources du groupe du sud de Bagnères-de-Luchon, et du groupe de la Raillère, du Mahoura et des OEufs, à Cauterets, j'étais frappé de la persistance des sources sulfureuses sodiques de ces stations à se fixer aux salebandes de filons et de cassures parallèles (N. 25 degrés à 27 degrés O.) à Luchon : O. 18 degrés N. et N. 22 à 24 degrés E. à Cauterets). Je fis de cette remarque la base de direction de mes travaux, qui réussirent.

Depuis j'ai observé de plus près et signalé les gisements

filoniens des eaux minérales de Lamalou, de Pontgigaud, Plombières, Olette, Canaveilhas, etc.; et dans le *Dictionnaire général des eaux minérales* (au mot *gisement*, août 1860), j'ai appelé l'attention sur les nombreuses émanations hydrominérales dont l'émergence se manifeste, suivant des lignes de fracture, des fentes, des failles, des filons, principalement à leurs points de croisement et de rejet, qui, pour les filons métalliques, constituent généralement des points d'enrichissement, parce qu'ils sont essentiellement de moindre résistance.

J'ai cité notamment les eaux d'Andabre et de Sylvanès; celles de Luxeuil et de Bains, de Rennes, d'Alet et de Campagne, ainsi que celles d'Aix-les-Bains, de Marlioz, de Challes, d'Allevard, etc., comme se rapportant à des failles, ou à des lignes de fracture; et j'ai appelé l'attention sur le rejet filonien que j'ai remarqué au voisinage des sources de Pefffers (Suisse), dans la vallée, ou plutôt la fente de la Tamina.

Il restait, dans cet ordre de faits se rapportant à la genèse des eaux minérales, à rapprocher les directions des filons, failles et lignes de cassure, de celles des axes moyens des soulèvements de montagnes, et notamment des plus récents, en vue d'établir l'âge géologique relatif des eaux minérales. Ce travail, implicitement indiqué par Élie de Beaumont, a été fait et publié en 1866, en collaboration, par feu Louis Martin et M. le Dr Félix Garrigou, géologue d'un grand mérite. Ce dernier a publié, en 1867, plusieurs travaux sur l'âge géologique de certaines sources sulfureuses sodiques des Pyrénées, dans lesquels il expose les analogies remarquables de direction qui existent entre les lignes d'émergence de ces sources et les axes de soulèvement de certains systèmes de montagnes.

C'est ainsi qu'il a reconnu que les lignes d'émergence des sources du sud de Luchon et celles d'une partie des sources d'Ax couraient suivant N. 27 degrés O., direction d'axe

du soulèvement du mont Viso, correspondant à l'étage supérieur de la craie, et que d'autres sources d'Ax et des Pyrénées-Orientales avaient leurs lignes d'émergence suivant O. 30 degrés N., direction d'axe du Thuringerwald (après le trias) et suivant N. 24 degrés E., direction d'axe des Alpes occidentales (après le miocène).

En étendant ces observations à la station de Cauterets, on y trouve, bien accusées, les directions d'axe des Alpes occidentales et des Pyrénées. C'est à cette dernière direction que se rapportent les émanations hydrosulfureuses de la Baillère, du Mahoura et des OEufs.

J'ai fait aux sources des groupes du Caucase de nombreuses observations analogues sur les failles, les fentes et lignes de cassure des terrains. Je suis arrivé aux résultats suivants, en tenant compte, pour les directions, des différences de longitude et de latitude, avec le concours bienveillant et d'après les calculs de M. A. Moritz, directeur de l'Observatoire de Tiflis. J'ai observé, d'une part, les lignes de cassure des roches, les failles, les fentes ainsi que les limites des terrains; et, d'autre part, les lignes d'émergence reliant entre elles les principales sources, notamment celles émanant de la roche en place.

Systèmes de montagnes auxquels se rapporte la genèse des émanations hydrominérales des groupes du Caucase.

Sur le groupe de Piatigorsk, les directions les plus accusées aux sous-groupes du nord et du sud sont N. 23°, 30 à 27 degrés O.; N. 1 à 5 degrés O.; E.-O. et O. 3 à 7 degrés N. Ces directions se rapporteraient aux soulèvements du mont Viso (après le crétacé inférieur), du Ténare et peut-être aussi de la zone volcanique de la Méditerranée (quaternaire).

Le Grand-Proval, ce point si remarquable par l'ensemble des faits génésiques des émanations hydrominérales qui

s'y trouvent réunies (failles, lignes de brisement avec croisement et rejet, visibles sur les parois d'une grande excavation souterraine naturelle), le Grand-Proval, dis-je, a donné les directions suivantes : la grande fente, O. 12 degrés à 17 degrés N.; les lignes de brisement avec dénivellement, croisement et rejet : N. 23°,30 à 25°,30 E., ce qui les rapporterait aux Pyrénées (éocène) et aux Alpes occidentales (miocène supérieur).

Sur le groupe de Geleznovodsk, les directions les plus accusées sont E. 14 à 16 degrés N., et N. 24°,50, à 27 degrés O., qui se rapportent aux Alpes principales (après le pliocène) et au mont Viso.

Mes observations sur les sources sulfureuses sodiques de Koum-gora et du Taureau ne sont pas assez nombreuses pour fournir des indications précises. Toutefois quelques-unes donnent O. 15 degrés à 18 degrés N., et se rapprochent ainsi des Pyrénées (après l'éocène).

J'ai le très-vif regret de ne pouvoir relater ici les directions des axes étudiés et reconnus par M. Abich. Je sais toutefois qu'il a relevé à la Machouka et à Geleznovodsk la direction N. 27 degrés O.

Ce qui précède rapporterait la genèse des émanations hydrominérales des groupes aux époques du mont Viso (après le crétacé inférieur), des Pyrénées (après l'éocène), des Alpes occidentales (miocène supérieur), des Alpes principales (après le pliocène); enfin du Ténare et de la zone volcanique de la Méditerranée (quaternaire).

Ainsi se trouverait complété l'exposé de la série des faits génésiques qui ont successivement concouru à la formation des sources thermominérales des groupes de Piatigorsk, de Geleznovodsk, de Koum-gora et de la montagne du Taureau.

Les études faites aux groupes d'Essentuki et de Kisslowodsk, sur la genèse des sources minérales de ces groupes, ne sont pas assez avancées pour pouvoir figurer ici.

A Essentuki, les sources n° 17 et n° 18, ainsi que quelques-unes de celles du thalweg du vallon du Parc, sont de véritables émanations aqueuses avec émission d'acide carbonique dont les points d'émergence directe ne sont pas exactement déterminables, en l'état d'avancement des travaux de recherche des sources.

La source du Narzan à Kisslowodsk, d'après l'étude des déplacements successifs de son point d'émergence, paraît provenir d'une ligne de moindre résistance qui résulterait de l'existence, dans la formationn éocomienne, d'une ligne de fracture, avec ou sans croisement d'autres lignes de brisement, faille de dénivellement ou autre. Les travaux que j'ai indiqués, pour le déplacement de l'émergence et pour l'aménagement du Narzan, pourront, je le pense, fournir des données plus complètes sur le gisement et, par suite, sur la genèse de cette émanation hydrominérale.

Émanations salines.

Dans l'exposé qui précède, j'ai indiqué la coexistence des émanations hydrominérales et des émanations salines ; toutefois, j'ai plus particulièrement rapporté aux premières les phénomènes génésiques que j'ai décrits plus haut. Les émanations salines y ont, de leur côté, joué, et jouent encore aujourd'hui, un rôle connexe assez important pour que j'appuie sur les faits généraux de leur genèse.

Ces émanations, dont les éléments essentiels, variables, quant à leur teneur respective, d'un point à un autre, sont principalement des carbonates, chlorhydrates, sulfates et silicates de soude, de magnésie et de chaux. Elles imprégnent profondément tous les terrains de l'ensemble des groupes, savoir : le trachyte, les formations du néocomien, du gault, de la craie, de l'éocène, ainsi que les terrains

quaternaires et remaniés, qui en recouvrent toute l'étendue, surtout suivant les directions des axes de fracture.

On doit rapporter à la présence d'effluves salines dans certaines couches des sables du gault la formation des grottes à arceaux, et des trous circulaires tels que l'on en rencontre près de Slaboda-Kisslowodsk et à la Roche-Percée de la vallée du Podkoumok.

Le creusement de ces Grottes résulte de plaquettes concentriques qui, sous l'action délitante des sels sodiques, se détachent d'une manière continue et donnent ainsi naissance à des excavations, à des anneaux, qui sont en voie d'agrandissement progressif.

De ces émanations dérivent, par voie directe de lixiviation naturelle des terrains imprégnés, les variétés hydrominérales connues sous les noms de sources de Kirkili (chlorosulfatée sodique de la steppe de Souvorovskaia); source amère de Gorko-Salionni (chloro-sulfatée magnésienne de la steppe de la Chauve); eau des lacs amers de la même steppe; eau sulfatée sodique du lac Tambukan, dans la steppe de la Colline-d'Or; sources magnésiennes sodiques de Thérèse et Marguerite et autres (*voir* la Planche ci-jointe), dans le vallon de la Djemuka, sur le territoire de la colonie allemande de Karras; enfin, la source sulfatée ferrugineuse, dite Couporossny, de Sniewka, près de la montagne des Serpents, qui provient de la lixiviation de schistes éocènes pyritifères altérés.

A mon avis, les émanations salines constituent, dans la genèse hydrominérale, un fait de premier ordre, sur lequel j'appelle l'attention des savants. Elles ont ici une ampleur et affectent des proportions que je n'ai pas vues dans l'Europe occidentale. C'est à elles qu'il convient de rapporter le contingent salin commun qui se rencontre dans l'agrégat minéral des sources des quatre groupes et des sources non exploitées dont j'ai parlé plus haut.

C'est surtout, je le répète, au voisinage des axes de

soulèvement et de fracture et des lignes d'émergence que l'influence génésique des émanations salines se décèle. On en voit des témoins remarquables sur les pentes méridionales de la Machouka (Piatigorsk), surtout au-dessus de la route du Grand-Proval, depuis le parc Emanuel jusqu'aux environs du Petit-Proval. On en rencontre également au pied du Flakstoch et d'Éole, au bain Alexandre-Nicolaïeffsky, près et au-dessus de la source Élisabeth et de la ligne des sources Varwasky, Constantinowsky et Alexandre-Nicolaïeffsky. Enfin, on en trouve au Grand-Proval.

Sur ces différents points, les terrains, même les plus compactes, tels que le calcaire à Inocéramus de la craie supérieure, sont intimement pénétrés de sels (carbonate, chlorhydrate, sulfate) de soude et de magnésie. Ils s'y montrent solidement incrustés et chargés d'efflorescences et de concrétions cristallines de chaux sulfatée aiguillée et bacillaire, imprégnées de sels de soude (surtout du carbonate).

Ces concrétions se rencontrent notamment à la carrière qui longe la route du Proval, au voisinage et au nord-est d'Éole, ainsi qu'aux gradins inférieurs de la tranchée de Mikhaël extérieure. On y voit les schistes éocènes profondément bouleversés et émiettés, comme par l'action soutenue d'effluves de vapeur salifère dont les traces sont saisissantes et manifestes, et qui ont agi à la manière de solfatares et de grands *soffioni*. Les concrétions de chaux sulfatée aiguillée y sont très-abondantes; elles ont été, en se formant, une cause principale d'émiettement des terrains.

Les considérations qui précèdent sur les émanations salines des groupes du Caucase sont le complément nécessaire de celles que j'ai développées plus haut, touchant la genèse des sources thermales de ces groupes. Elles me conduisent à l'exposé des phénomènes actuels de métamorphisme des roches que viennent de mettre à jour les tra-

vaux (tranchées et galeries souterraines) que j'ai ouverts, en novembre 1874, à Piatigorsk, sur le sous-groupe des sources thermales (38 à 40 degrés C.) hydrosulfurées acidules alcalines de Mikhaël et de Tobieff.

Je ne puis terminer ce qui se rapporte aux émanations thermominérales sans m'incliner, avec le respect le plus profond, devant la mémoire de feu Élie de Beaumont, mon *vénéré* maître, qui, le premier, a attribué aux eaux minérales le rôle important qu'elles remplissent dans la genèse terrestre. Je dois aussi rappeler les travaux faits sur ce sujet par notre regretté collègue, feu de Senarmont.

Métamorphisme des terrains par les émanations thermominérales.

Sur la place qui précède l'entrée du tunnel du Grand-Proval, surtout à quelques mètres à la gauche de cette entrée, on observe, sur un front de roche, mis à nu pour le remblai de cette place, la marne et les schistes éocènes à l'état métamorphique. Bien que les strates ne soient plus dans leur position primitive, on peut s'assurer que l'action métamorphique qu'ils ont éprouvée s'est développée dans les conditions de leur assiette actuelle.

Ils ont été, après la formation du Grand-Proval, saisis sur place par les émanations thermominérales et amenés, par voie de métamorphisme, à l'état de roches dures et compactes, à cassure égale, fine et conchoïde, de couleurs ocracées variées. Les détails de la structure originelle de la marne et des schistes éocènes persistent et ne permettent pas le doute sur l'identité de la formation géologique.

Au voisinage et à l'ouest du Grand-Proval, près et au-dessus du Petit-Proval, on trouve des calcaires de la craie supérieure, également métamorphisés sur place par les

émanations thermominérales. Les terrains y sont durs et compactes, recouverts sur leurs faces par des plaquettes et recoupés par des veines de chaux carbonatée blanche concrétionnée, rappelant certains travertins. La pâte de ces terrains, primitivement molle, ou tendre, a été incrustée par la pénétration sous pression d'un ciment calcaire (carbonate, sulfate et silicate).

Ces produits de l'incrustation calcaire, due à l'action directe des eaux thermominérales, sont très-développés sur les couches éocènes, au pied sud d'Éole (grotte Lermankoff); à l'extrémité nord de la galerie Elisabeth, au voisinage de la fente de Warvasky, Constantinowsky et Alexandre-Nicolaïeffsky, ainsi qu'à la tranchée de Mikhaël extérieure.

Sur ce dernier point, j'ai recueilli des échantillons sur lesquels, outre l'incrustation de la pâte, on remarque, en certains points, des veines de calcaire blanc concrétionné, percées de trous qui rendent la roche pénétrable à l'eau et à l'air et qui accusent le passage antérieur d'eau et de gaz au moment de l'action métamorphique.

L'ensemble de ces faits et observations m'avait conduit, dès les premiers temps de mon séjour au Caucase, à admettre l'action métamorphisante antérieure des eaux thermominérales de Piatigorsk. Les galeries souterraines du sous-groupe supérieur de Geleznovodsk, puis les découvertes de l'émergence des sources de Mikhaël, de Bariatinsky froide et de Mouravieff froide, toutes dans le terrain éocène, donnèrent bientôt raison à cette manière de voir.

Actualité du métamorphisme des terrains par les émanations thermominérales.

Mais il était réservé au travail souterrain de Tobieff de manifester, mieux que tout autre point, la continuité et l'ac-

tualité du métamorphisme des terrains par les émanations thermominérales. L'avancement de la galerie de Tobieff dans l'éocène remanié et dans l'éocène en place a été caractérisé par la persistance de l'eau minérale et du gaz acide carbonique à marquer, d'abord au sol, puis aux parois et au front de taille du percement ouvert dans la marne éocène en place. L'eau et le gaz, sous pression souterraine, s'échappent avec bruit des cassures de la roche et principalement de celles orientées suivant N. 26° 30′ O., l'axe de la galerie marquant N. 8 degrés E.

L'examen attentif, sur les parois du percement, de la marche de l'incrustation calcaire et de la formation de veines et de plaquettes calcaires, sous l'action de l'eau minérale, perdant sa pression et son gaz libre, l'observation des mouvements de la limite supérieure des points d'apparition de l'eau sur les parois et sur le front de taille m'a fait reconnaître que ce qui se passait sur les roches en percement à Tobieff était la reproduction actuelle des faits qui avaient déterminé le métamorphisme des terrains sur les points que j'ai signalés plus haut et qui, à une époque antérieure, ont subi, de la part des émanations hydrominérales, les influences que subissent aujourd'hui les terrains mis à nu par la galerie Tobieff.

Le phénomène du métamorphisme, par l'action thermominérale, ne paraît s'y produire qu'entre des limites déterminées par la position des points sous-jacents sur lesquels s'opère le dégagement de l'acide carbonique. Aussi la marche souterraine du métamorphisme paraît être progressive et continue, comme l'indique l'état des roches de la galerie Mikhaël, où l'on a traversé des terrains métamorphiques portant encore les traces du passage de l'acide carbonique souterrain. C'est d'ailleurs ce que témoigne l'état des choses mis à nu par l'ouverture de la galerie de Tobieff. Le développement ultérieur des travaux souterrains dont j'ai indiqué l'exécution sur les

groupes de Piatigorsk et de Geleznovodsk paraît devoir aider à l'étude des phénomènes dont je viens de signaler l'actualité.

Ainsi se trouve vérifié le passage suivant d'un Mémoire de M. le Dr Félix Garrigou, inséré au *Bulletin de la Société géologique de France,* 2e série, t. XXIV, février 1867, sous le titre : *Considérations générales sur l'étude des eaux minérales.*

« ... Les eaux thermominérales, sans doute, ont métamorphisé beaucoup de roches, soit argileuses, soit calcaires, après leur dépôt sous forme de terrains stratifiés, ce qui permet d'expliquer l'absence de bouleversement, etc. »

Quand M. le Dr Garrigou écrivait ces lignes, mon savant collègue, M. Daubrée, avait déjà fait ses belles études sur les transformations que subissent les roches ainsi que les matériaux de substructions antiques, sous l'influence de la pression souterraine de l'eau minérale de Plombières.

Variété de métamorphisme. — Terrains de tapp des Pyrénées.

J'ai cité, dans mon *Mémoire sur les travaux de Luchon* (*Annales des Mines*, 1842), un autre fait de métamorphisme, que j'ai retrouvé sur les points d'émergence des sources-buvettes de Mikhaël intérieure et extérieure et de Tobieff. Je veux parler du terrain dit *tapp*, dans les Pyrénées, très-développé à Luchon, que l'on rencontre à Baréges, à Cauterets, aux Eaux-Chaudes, et que M. le Dr Félix Garrigou a étudié à Ax.

Ce terrain résulte, à Luchon, de l'agrégation des terres meubles des pentes de Superbagnères (débris de micaschistes et de phyllades) par les eaux sulfureuses sodiques

elles-mêmes, qui ont réagi sur les éléments ferrugineux et terreux et ont donné naissance à la fois à deux ciments énergiques, le sulfure de fer et les hydrosilicates multiples alcalins et terreux.

Le terrain de tapp est bien accusé aux points d'émergence de Mikhaël et de Tobieff (source des Buvettes), ainsi que sur deux autres points, dont l'un est dans la tranchée Mikhaël et l'autre dans celle de Tobieff, alignés comme les buvettes, selon des axes de fracture E.-O. Il y est très-compacte et a donné naissance à des brèches formées des menus débris des terrains meubles des pentes de la Machouka.

Baryte sulfatée et pyrite jaune dodécaédrique de la galerie Mikhaël.

D'autre part, la galerie Mikhaël a recoupé une ligne de fracture dirigée E.-O., dont le remplissage accuse la présence de baryte sulfatée tabulaire. Cette même galerie a également recoupé de petits filons, veines, veinules et placages de pyrite jaune de fer. Les filons, dirigés N. 17 degrés à 25 degrés O., sont croisés par les veines et les veinules. La pyrite des filons et des veines est compacte, fibreuse et subcristalline; celle des veinules et placages se présente à l'état de poussière dodécaédrique, à cristaux souvent aplatis, suivant le plan des placages, par suite de la pénétration par voie émanatoire.

Rapprochement hydrologique des deux chaînes des Pyrénées et du Caucase.

J'ai parlé, dans le cours de ce Mémoire, des Pyrénées, et j'ai fait, avec quelque réserve, pressentir l'action possible du mouvement le plus récent (éocène) de cette chaîne sur la genèse de certaines eaux minérales du Caucase.

Ces deux chaines ont d'ailleurs de remarquables analogies que je vais indiquer brièvement.

En premier lieu, elles sont, l'une et l'autre, intra-maritimes.

La direction moyenne des Pyrénées est O. 18°,5 N.; celle du Caucase, O. 19 à 22 degrés N. La position intermédiaire, par rapport aux deux chaînes, des massifs des Alpes, de la Grèce et de la zone volcanique de la Méditerranée ne paraît pas être étrangère aux analogies remarquables que présentent, d'une part, les études sur les axes aquifères faites par M. le Dr Félix Garrigou sur les eaux minérales des Pyrénées et, d'autre part, celles qui précèdent sur la genèse des eaux minérales des groupes du Caucase.

Enfin, les Pyrénées présentent, comme le Caucase, les traces remarquables d'une grande action souterraine d'expansion latérale, transversale et extérieure à la chaîne, du genre de celle qui, ainsi que je l'ai indiqué dans ce Mémoire, a produit la première cause génésique des eaux thermominérales des groupes du Caucase.

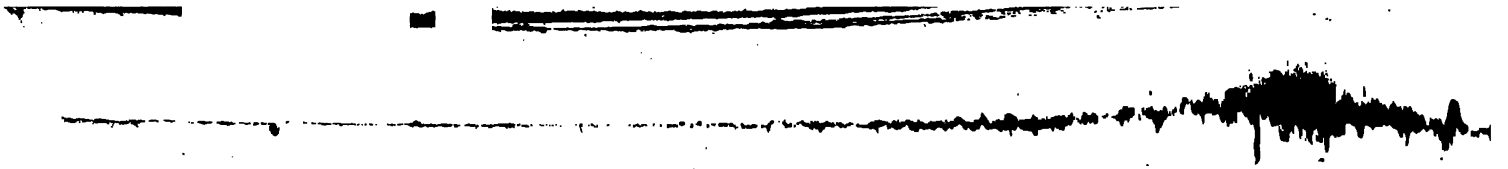
Je veux parler des grandes émanations hydrothermales du groupe de Dax, dans les Landes [ancienne Aquitaine (*aquas tenens*)]. La roche émissaire de ce groupe est l'ophite qui, pour les Pyrénées, dans l'ordre de succession géologique des roches éruptives, paraît avoir certaine concordance avec la période du trachyte dans le Caucase.

Fait à Tiflis, le 25 février/7 mars 1875.

(Extrait des *Annales de Chimie et de Physique*, t. VI, 5e série; 1875.)

2492 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

e, par Mr. Jules François.
Source sulfureuse de Koumogorsk
Monte Koum-gora
Aoul de Koumskaia
Soultanovski
Rostoff - sur - le - Don
Ston de Koumskaia
Kouma R.
Wladikavkaz
Colonie Zmievogorskaia
Monte Zmeinaia-gora
(Mt des Serpents)
Razvalka
Source vitriolique de Kouporossny
Mt Geleznaia-gora
(Mt de Fer)
Sources acidules ferrugineuses
Monte Bechtaou
Chaussée
Djemouka
Source Olga
Sources magnésiennes sodiques de la Djemouka
Ste Augustine
Colonie Karras
Ste Rose
Ste de Gorko-Saliony
Aoul Armianski
Lissogorskaia
Georgievsk
Piatigorsk
Steppe



LANE MEDICAL LIBRARY

To avoid fine, this book should be returned on or before the date last stamped below.